

## 放射性ヨウ素 ( $^{125}\text{I}$ ) の空气中濃度測定 の簡便化に向けての基礎的検討

澁谷光一, 山岡聖典, 永松知洋<sup>1)</sup>, 川崎祥二, 平木祥夫<sup>2)</sup>

### 要 約

放射性ヨウ素 ( $^{123}\text{I}$ ,  $^{125}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ) は飛散しやすいなどの特性があり, 他の放射性核種に比べ慎重な取扱いが求められている。また, この核種の空气中濃度限度は非常に低く, 濃度測定には大量の空気を吸引しなければならず, そのための装置も大掛かりとなる。このため, 本研究では, 活性炭ろ紙をホルダにセットし, これを注射器に取り付けた簡易な装置を考案・試作し, 空气中の放射性ヨウ素濃度を簡便に測る方法について実験・検討した。その結果, まず放射性ヨウ素に  $\text{Na}^{125}\text{I}$  を用いた場合の捕集効率は 44.5 % であることが分かった。次に, 50 ml 注射器を用いて 1 l の空気を吸引・ろ過し,  $\text{NaI}(\text{Tl})$  ウェルタイプシンチレーションカウンタで 30 分間放射能を測定した場合, 本装置では空气中濃度限度の 2.12 倍の濃度の  $^{125}\text{I}$  が測定可能であり, 気体状ヨウ素の漏れを防いで捕集効率を 94.3 % 以上に上げることができれば, 空气中濃度限度まで測定可能であることが示された。このため, 本法は簡便かつ安価に異常を検知する測定方法として利用できるのではないかと考えられた。

キーワード:  $^{125}\text{I}$ , 空气中濃度限度, 活性炭ろ紙

### はじめに

タンパク質や核酸の標識, シンチグラフィを含む体外計測検査, radioimmunoassay (RIA) などの *in vitro* 検査, 内用治療などに放射性ヨウ素が用いられている。放射性ヨウ素は飛散しやすく慎重な取扱いが求められ, これまでに放射性ヨウ素の飛散率や捕集率の測定について報告されている<sup>1)-6)</sup>。しかし, 放射性同位元素の空气中濃度限度は非常に低いレベルであり,  $^{125}\text{I}$  の場合には  $6 \times 10^{-4}$  Bq/cm<sup>3</sup> である。このため, その濃度の測定には大量の空気を吸引しており, 現状の装置も, 通常はフィルタやそのホルダ, ポンプ, 流速計などを備えた大掛かりな物となっている。簡便に空气中濃度の異常を知ることができれば大変便利であるが, そうした方法については報告が見られない。

われわれは放射線管理区域における作業環境測定の合理化に資するため, 今後の検討課題として,

測定法の改良などについて種々の提案を行ってきた<sup>7)</sup>。今回, 活性炭ろ紙をホルダにセットし, これを注射器に取り付けた簡易な装置を考案・試作するとともに, 空气中の放射性ヨウ素の濃度を簡便かつ安価に測定する方法について実験・検討した。

### 材料と方法

#### 1. 放射性ヨウ素と放射能の測定

放射性ヨウ素は,  $\text{Na}^{125}\text{I}$  (Amersham, IMS-30) を用い, 非放射性の  $\text{NaI}$  を担体として加え, 放射能濃度を 370 kBq/ml に調製した。放射能濃度の測定には,  $\text{NaI}(\text{Tl})$  ウェルタイプシンチレーションカウンタ (ディテクタ Aloka JDC-723, スケアラ Aloka TDC-106) を用いた。

#### 2. 捕集装置の考案・試作

気体状の  $^{125}\text{I}$  を発生, ならびに, 捕集する装置と

岡山大学医学部保健学科放射線技術科学専攻

1) 岡山大学アイソトープ総合センター

2) 岡山大学医学部放射線医学講座

して、有効直径 25 mm のプラスチックろ紙ホルダ (SWINNEX-25, MILLIPORE) に、3.0 mm 厚の活性炭ろ紙 (ADVANTEC) をハサミで直径 25 mm にカットし、セットした (図 1 (a))。これを 5 ml のポリエチレン製注射器 (テルモ株式会社) に装着した (図 1 (b))。注射器は後で NaI(Tl) ウェルタイプシンチレーションカウンタのウェルに直接挿入できるように、フランジ部分をカットして用いた (図 1 (c))。

実際に作業環境中の放射性ヨウ素を捕集するには、注射器には 50 ml の大きさのものを用いることとした。

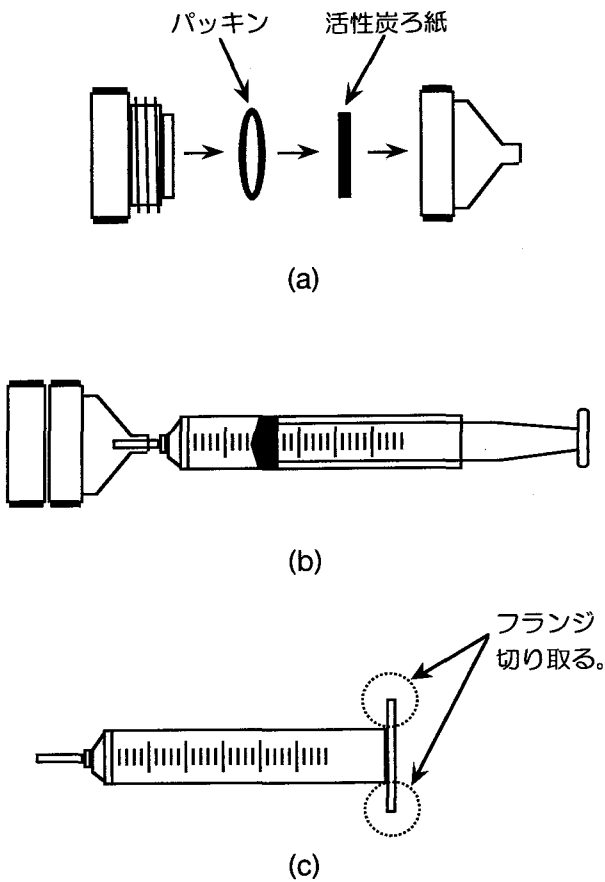


図 1 気体状<sup>125</sup>Iの捕集装置の試作

### 3. 気体状<sup>125</sup>Iの発生と捕集

本学アイソトープ総合センターのRI 使用施設のフード内において、図 1 の装置の 5 ml 注射器の一番奥に、図 2 のように Na<sup>125</sup>I 水溶液を 10 μl (3.7 kBq) 入れた。これをウェルタイプシンチレーションカウンタに挿入して放射能 (cpm) を測定した (測定値 A)。

次に、注射器内の Na<sup>125</sup>I 水溶液を酸化して<sup>125</sup>I を気化させるために、30 % 過酸化水素水を 10 μl 加

えた。同時に注射器に素早くピストンを挿入した。

ピストンを奥まで押し込み<sup>125</sup>I 水溶液を漏洩させないように、ピストンを 10 回程度静かに動かし、発生するヨウ素気体をホルダ内に送り込んだ。その後、ピストンを 1 分毎に 4~5 回動かし、ヨウ素気体を更にホルダ内に送り込んだ。この操作を 10 分間繰り返した。

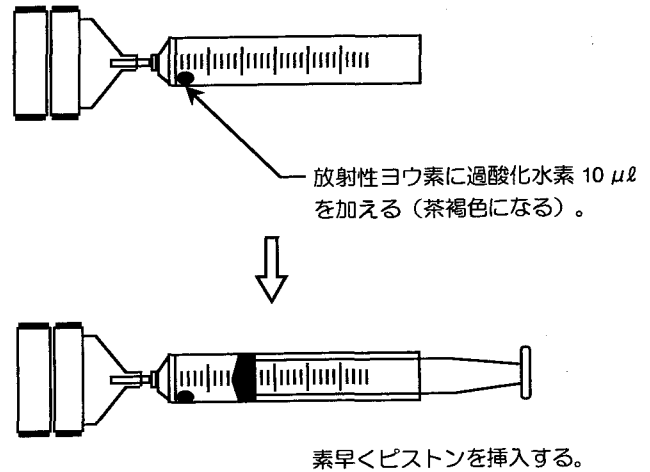


図 2 気体状<sup>125</sup>Iの発生と捕集の実験

### 4. 捕集効率の検討

ホルダを外した注射器を、NaI(Tl) ウェルタイプシンチレーションカウンタに挿入して注射器内に残っている Na<sup>125</sup>I の放射能 (cpm) を測定した (測定値 B)。

同様に、ホルダから活性炭ろ紙を外し、活性炭ろ紙を 10 ml チューブに入れ、ろ紙に吸着した<sup>125</sup>I の放射能 (cpm) を測定した (測定値 C)。そして、次式より<sup>125</sup>I の捕集効率を求めた。

$$(\text{捕集効率}) [\%] = \frac{(\text{測定値 C})}{\{(\text{測定値 A}) - (\text{測定値 B})\}} \times 100$$

以上の測定を 3 回行い、再現性も検討した。

### 結果および考察

#### 1. 本捕集装置による<sup>125</sup>Iの捕集効率

表 1 に測定結果、捕集効率の算定結果を示す。従来、同種の活性炭ろ紙での<sup>125</sup>I の捕集効率は 100 % に近いと報告されているが<sup>53)</sup>、本装置による捕集効率は、最大 52.9 %、最小 35.9 % と開きがあり、平均して 44.5 % であった。これは、使用したホルダが活性炭ろ紙用に作られたものではないことに加え、活性炭ろ紙をハサミでカットしたために、気体状の<sup>125</sup>I が一部漏れたためと考察される。

表1 気体状 $^{125}\text{I}$ の捕集効率

	A [cpm]	B [cpm]	C [cpm]	捕集効率 [%]
①	161427	157128	1544	35.9
②	160615	157785	1263	44.6
③	161100	155367	3034	52.9
平均				44.5

B.G: 15435 count/30 min.

## 2. 本捕集装置による $^{125}\text{I}$ の検出限界

本装置による空气中の放射能濃度の検出がどの程度まで可能かを検討した。本装置で実際に一定量の  $^{125}\text{I}$  を含んだ空気を吸引し、その有効性について議論すべきであるが、気体状  $^{125}\text{I}$  は器壁に吸着する性質があり、ポリエチレン袋では容易に漏出することも知られている<sup>4)</sup>。このため、一定量の  $^{125}\text{I}$  を含んだ空気を密閉し、そこから全ての  $^{125}\text{I}$  を捕集することは技術的に難しい。したがって、本装置の有効性については次のような仮定のもとに考察した。すなわち、50 ml の大きさの注射器を用い、吸引とろ過を20回繰り返して空気1ℓ中の  $^{125}\text{I}$  を捕集する。また、放射能測定には同じウェルタイプシンチレーションカウンタを用い30分間測定する。壊変率の統計的誤差については、標準偏差の代わりに測定値の平方根を用いるものとして考察した。

その結果、3.7 kBq の  $^{125}\text{I}$  の実測値は、161047±232 cpm であった。これより、1 Bq は 43.53±0.06 cpm と換算できる。また、 $^{125}\text{I}$  の空气中濃度限度は  $6 \times 10^{-4}$  Bq/cm<sup>3</sup> であるので、これを空気1ℓ中のカウント数に換算すると、

$$\begin{aligned} 6 \times 10^{-4} \text{ Bq/cm}^3 &= 0.6 \text{ Bq/ℓ} \\ &= 0.6 \text{ Bq/ℓ} \times (43.53 \pm 0.06) \text{ cpm/Bq} \\ &= 26.12 \pm 0.04 \text{ cpm/ℓ} \end{aligned}$$

となる。これに、 $^{125}\text{I}$  の捕集効率 44.5 % を乗じると、空气中濃度限度の  $^{125}\text{I}$  のカウントは  $11.6 \pm 0.02$  cpm と非常に小さな値となる。

バックグラウンドは30分間測定して、その計数が15435カウントであったので、計数率と誤差は

$$(15435 \pm \sqrt{15435} \text{ count}) / 30 \text{ min} = 514.5 \pm 4.1 \text{ cpm}$$

となる。このとき、空気1ℓ中の空气中濃度限度の  $^{125}\text{I}$  の計数率と誤差は

$$\begin{aligned} (514.5 \pm 4.1) \text{ cpm} + (11.6 \pm 0.02) \text{ cpm} \\ = 526.1 \pm 4.1 \text{ cpm} \end{aligned}$$

となる。

一般に、多数回測定したときの平均値 (真の値)

を  $\bar{n}$  とするとき、測定値  $n$  が  $n \pm k\sqrt{\bar{n}}$  の範囲に入る確率  $P$  は次のようになる。

$$\begin{aligned} k &= 0.674 \quad 1 \quad 2 \quad 3 \\ P &= 0.500 \quad 0.683 \quad 0.955 \quad 0.997 \end{aligned}$$

$P = 0.683$  を用いると、空气中濃度限度の  $^{125}\text{I}$  の測定値、 $526.1 \pm 4.1$  (522 ~ 530.2) cpm はバックグラウンド、 $514.5 \pm 4.1$  (510.4 ~ 518.6) cpm から分離される。しかし、 $P = 0.997$  を用いた場合には、空气中濃度限度の  $^{125}\text{I}$  の測定値、 $526.1 \pm 3 \times 4.1$  (513.8 ~ 538.4) cpm はバックグラウンド、 $514.5 \pm 3 \times 4.1$  (502.2 ~ 526.8) cpm と13 cpm だけ重なってしまう。空气中濃度限度の11.6 cpm より13 cpm 多い24.6 cpm の  $^{125}\text{I}$  であれば、99.7 % の確率で測定ができる。これは  $^{125}\text{I}$  の空气中濃度限度の2.12倍の値である。また、 $^{125}\text{I}$  の捕集効率を2.12倍の94.3 % に上げることができれば、その場合にも空气中濃度限度の  $^{125}\text{I}$  の測定が可能である。

したがって、今回試作した装置で1ℓの空気を活性炭ろ紙でろ過し、更にこれを30分間測定することによって、空气中濃度限度の2.12倍の  $^{125}\text{I}$  を測定できると考えられる。また、活性炭ろ紙とプラスチックホルダからの気体状ヨウ素の漏れを防ぐことができれば、空气中濃度限度の  $^{125}\text{I}$  を測定できると考えられる。

## 3. 本法の有効性

放射性ヨウ素の取扱い中の管理区域内の空調機器の突然の異常や、放射性ヨウ素の間違った取扱いなどにより、空气中の放射性ヨウ素の濃度異常が発生することも想定される。このような場合に簡便に異常が検出でき、被曝の程度が短時間に推定できるならば放射線防護上有益である。50 ml の注射器を用いて1ℓの空気を吸引し、さらに試料とバックグラウンドをそれぞれ30分計測するという本方法は、放射性ヨウ素を用いる実験や検査において、簡便に安価に異常を見つける方法として有効であると考えられる。

ま と め

空気中の放射性ヨウ素の濃度を簡便に測定するために、活性炭ろ紙を装着したホルダを 50 ml の注射器にセットした簡易な装置を考案・試作した。NaI(Tl) ウェルタイプシンチレーションカウンタによって調べた活性炭ろ紙での  $^{125}\text{I}$  の捕集効率は 44.5 % であった。50 ml 注射器で 1 l の空気を活性炭ろ紙に通し、その放射能とバックグランドをそれぞれ 30 分間、NaI(Tl) ウェルタイプシンチレーションカウンタで測定した場合、空気中濃度限度の 2.12 倍の濃度であれば測定可能だと考えられた。また、活性炭ろ紙とプラスチックホルダからの気体状ヨウ素の漏れを防ぐことができれば、空気中濃度限度の  $^{125}\text{I}$  を測定できると考えられた。したがって、放射性ヨウ素の取扱い中に、簡便に安価に空気中濃度の異常を検出する方法として有効であると考えられる。

文 献

- 1) 三枝健二, 有水昇, 山本哲夫, 本郷昭三, 安本正:  $^{131}\text{I}$  治療時における病室内の  $^{131}\text{I}$  空気中濃度, Radioisotope, 28: 41-43, 1979
- 2) 武藤利雄, 高田茂, 伊藤伸彦, 北原明治, 千坂治雄, 池田正道: 放射性物質の飛散の測定—溶液の一般的操作における飛散率の核種間相互比較—, Radioisotope, 31: 641-647, 1982
- 3) 宮武秀男, 栗原紀夫, 石橋信男: 活性炭素繊維フィルタによる揮発性ヨウ素捕集の試み, Radioisotope, 33: 142-145, 1984
- 4) 田中喜之, 竹島一仁:  $\text{Na}^{125}\text{I}$  による放射性ヨウ素標識実験における気体状  $^{125}\text{I}$  の飛散, Radioisotope, 33: 699-701, 1984
- 5) 西横俊之, 古館専一: RI 投与動物からの  $^{125}\text{I}$  の空気中への飛散, Radioisotope, 45: 507-510, 1996
- 6) 山田昭司, 水野敏: 放射性ヨウ素 ( $^{125}\text{I}$ ) の飛散と飛散したヨウ素の活性炭カートリッジによる捕集, Radioisotope, 46: 20-27, 1997
- 7) 山岡聖典, 澁谷光一, 永松知洋, 川崎祥二: 放射線管理区域における作業環境測定の合理化の検討—表面汚染と空気汚染の関係に着目して—, 岡山大学医学部保健学科紀要, 10 (1) : 1-13, 1999

(Short Note)

## Approach on the simple and easy method for measurement of airborne radioactive iodine(<sup>125</sup>I)

Koichi SHIBUYA, Kiyonori YAMAOKA, Tomohiro NAGAMATSU<sup>1)</sup>,  
Shoji KAWASAKI and Yoshio HIRAKI<sup>2)</sup>

### Abstract

Radioactive iodines ( iodine-123, -125, -131 ) are used as the marker in vitro test, nuclear medicine and so on. It is necessary to handle them carefully, because radioactive iodines scatter easily. As air concentration limits of radioisotopes are very low levels, we should prepare the measurement technique using a large-volumed aspirator and large-scaled equipments. In this study, we examined the simple and easy method for the measurement of concentration of airborne radioactive iodines. We designed and manufactured the simple set of holder and charcoal filter connected to hypodermic syringe. The collecting efficiency of airborne iodine-125 by this system was 44.5 %. In the case of that a liter of the air was filtered by this system connected to 50 ml syringe and counted the radioactivity for 30 minutes by the NaI(Tl) well-type scintillation counter, It is indicated that iodine-125 of air concentration limit can be measured.

---

**Key words:** radioactive iodine-125, air concentration limit, charcoal filter

---

Faculty of Health Sciences, Okayama University Medical School

1) Radioisotope Center, Okayama University

2) Dept of Radiology, Okayama University Medical School